

MULTIFUNCTIONAL PHYSICAL EXERCISING APPARATUS AND PROCESS FOR CONTROLLING IT

Patent number: EP0329748
Publication date: 1989-08-30
Inventor: ANGELLOZ LOUIS; FOREL BERNARD
Applicant: MYOSOFT S A R L (FR)
Classification:
- **international:** A61H1/02; A63B21/00
- **european:** A63B21/008B2
Application number: EP19880907341 19880823
Priority number(s): FR19870012224 19870831

Also published as:

WO8901769 (A1)
FR2619723 (A1)
EP0329748 (B1)

Report a data error here

Abstract not available for EP0329748

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide.

MULTIFUNCTIONAL PHYSICAL EXERCISING APPARATUS AND PROCESS FOR CONTROLLING IT

Description of EP0329748

APPAREIL D'EXERCICES PHYSIQUES A MODES MULTIPLES ET PROCEDE DE COMMANDE D'UN TEL APPAREIL

La présente invention est relative à un appareil d'exercices physiques offrant à l'utilisateur une contre-réaction à un mouvement donné, et plus particulièrement à un appareil d'exercices physiques à modes multiples : isométrique, conduit, assisté, à charge constante ou isotonique, avec ou sans excitation de la boucle d'innervation gamma. La présente invention se rapporte aussi au procédé de commande de tels appareils.

Cet appareil peut avantageusement être utilisé soit dans les hôpitaux ou dans les centres de kinésithérapie pour rééduquer des muscles suite à une maladie ou un accident, soit dans des clubs sportifs, des clubs de maintien de la forme physique ou par des privés pour développer et entretenir la musculation.

La rééducation comprend essentiellement les étapes suivantes : le repos articulaire avec immobilisation souvent plâtrée, une première mobilisation articulaire pendant laquelle le membre est déplacé sans faire intervenir le muscle du patient, puis une mobilisation active pendant laquelle l'effort du muscle du patient est assisté et enfin le renforcement musculaire proprement dit pendant lequel le patient déplace un membre contre une force résistante. On distingue dans cette dernière étape une phase de musculation analytique, c'est-à-dire ne faisant intervenir que un ou plusieurs muscles spécifiques, suivie d'une phase de musculation globale.

La musculation pratiquée dans les centres d'entretien de la condition physique comprend essentiellement des mouvements que les personnes n'effectuent que rarement dans leur vie quotidienne tel le travail des muscles abdominaux. A l'inverse, la musculation des sportifs, outre le maintien de leur condition générale, tend à développer les muscles particuliers nécessaires à leur sport respectif tels que ceux des jambes pour un joueur de tennis.

On distingue usuellement la musculation isométrique : contraction du muscle sans mouvement du membre, la musculation à charge constante pendant laquelle un poids est déplacé verticalement par un jeu de cables et de poulies et ce plus ou moins rapidement selon l'effort de la personne, la musculation isokinétique pendant laquelle la vitesse du mouvement est imposée par la machine à une valeur constante et enfin la musculation isotonique nécessitant des appareils d'exercices plus sophistiqués imposant une force de contre-réaction et une vitesse de mouvement de telle sorte que le tonus du muscle impliqué reste constant. Un mouvement est décrit comme concentrique lorsque le membre qui l'effectue se déplace vers le corps, et à l'inverse, le mouvement est décrit comme excentrique lorsque le membre s'éloigne du corps.

En gardant à l'esprit que tout membre dispose de deux muscles, l'un agoniste l'autre antagoniste, tels que le biceps et le triceps pour le bras, on peut ainsi définir quatre efforts musculaires distincts d'un membre par rapport à un levier, soit pour l'avant bras par exemple : contraction du biceps pour tirer dans un mouvement concentrique le levier, effort du biceps pour retenir le levier se déplaçant dans un mouvement excentrique, poussée par le triceps du levier dans un mouvement excentrique et retenue par le triceps du levier se déplaçant concentriquement.

Des définitions données précédemment on peut comprendre la grande variété d'exercices musculaires ainsi que la multitude des enchaînements possibles, d'où l'intérêt porté aux appareils d'exercices physiques polyvalents permettant de réduire les investissements nécessaires pour un hôpital ou un club sportif.

Des progrès en électronique, notamment pour la commande de moteurs électriques, hydrauliques ou mécaniques, ainsi que pour la mesure des mouvements accomplis et la présentation des résultats de manière claire, ont incité les fabricants à développer des appareils d'exercices de physique plus adaptés

aux besoins.

Ainsi, dans l'exposé WO 8605404 est présenté un appareil comprenant un levier sur lequel l'utilisateur exerce une force musculaire et dont le mouvement en rotation est contrôlé par un moteur électrique à commande électronique de telle sorte que la vitesse soit constante à une valeur choisie initialement, et ce tant que la force exercée sur le levier est supérieure à une valeur prédéterminée mesurée par un capteur de force monté en bout du levier. Mais cet appareil n'est que isocinétique et ne permet l'enregistrement de la puissance développée par l'utilisateur au cours de l'exercice que par des moyens annexes.

L'appareil présenté dans l'exposé US 3 848 467 comprend une barre tenue par deux cables à des tambours eux-mêmes reliés par un axe à un servo-moteur électrique à aimant permanent. Ce servo-moteur agissant alternativement en tant qu'élément de freinage puis en tant qu'élément moteur permet des mouvements concentriques puis excentriques à vitesse constante avec, à chaque fin de course, une désaccélération suivie d'une inversion du sens du mouvement automatique. L'amplitude du mouvement, la vitesse et l'accélération en fin de course sont établies avant l'exercice selon les possibilités de l'utilisateur. Des moyens électroniques permettent de présenter sur un tableau numérique la quantité de travail développée, donc à l'utilisateur de moduler la suite de son exercice en fonction de ses objectifs. Cet appareil est toutefois limité aux seuls exercices de musculation isocinétique.

Dans une version améliorée de l'appareil précédent, décrite dans l'exposé WO 860024, le tambour autour duquel est enroulé le cable est relié au moteur par une transmission hydraulique appliquant au tambour un couple selon la vitesse de rotation du moteur. Un microprocesseur contrôle la vitesse du moteur électrique en fonction du mouvement instantané du cable tel que vu par un capteur de mouvement ou de vitesse et en fonction d'un programme chargé à partir d'un microordinateur de telle sorte que l'effort musculaire développé par l'utilisateur tirant ou retenant le cable soit isométrique, isocinétique ou isotonique, et ce à des valeurs évoluant selon les répétitions et les séances. Mais, de part l'emploi de cette transmission hydraulique qui a un grand moment d'inertie, il est difficile de réaliser des séquences plus complexes faisant immédiatement suivre en un point bien déterminé un mouvement purement isocinétique à un mouvement purement isotonique.

Un autre type d'appareil, décrit dans l'exposé FR 2 494 008, comprend un levier contrôlé par un vérin hydraulique lui-même piloté par une soupape. Le mouvement de la soupape est commandé par un moteur pas-à-pas selon les instructions d'un microordinateur qui compare la position angulaire du levier mesurée par un décodeur placé en son extrémité ainsi que la force exercée sur la barre grâce à un capteur de pression placé sur le vérin à des valeurs pré-enregistrées définissant un type d'exercice. Toutefois, du fait des erreurs introduites lors de la mesure de la pression et de celles introduites lors de la transformation de cette pression en une valeur de force selon une formule introduite dans l'ordinateur et du fait de l'utilisation d'un moteur pas-à-pas pour commander la soupape du vérin hydraulique, cet appareil n'apparaît pas suffisamment dynamique et précis pour réaliser des mouvements autres que ceux à forces contre-résistantes élevées.

Par ailleurs, une théorie médicale introduit la notion d'innervations gamma complémentaires aux innervations alpha et beta déjà connues. Alors que l'innervation alpha intervient pour contracter le muscle agoniste, l'innervation beta pour relâcher le muscle antagoniste, l'innervation gamma intervient essentiellement pour ajuster en vitesse et en précision le mouvement lors de sa réalisation. Aucun appareil connu à l'heure actuelle n'offre la possibilité d'exciter cette innervation gamma en particulier, au cours d'un exercice donné.

La présente invention a pour but, dans un appareil d'exercice physique fonctionnant selon une séquence prédéterminée associant à chaque position atteinte successivement par un élément d'exercice une valeur de vitesse de déplacement et/ou une valeur de force de contre réaction, un procédé de commande permettant une excitation de cette boucle d'innervation gamma ce qui améliore de manière remarquable les performances des utilisateurs patients ou sportifs. De plus, le procédé de commande doit aussi permettre la réalisation de mouvements délicats tels que conduits, assités ou étirés.

L'appareil pour la mise en oeuvre du procédé précédent doit plus particulièrement être capable de répondre par des mouvements fins, dynamiques et précis aux sollicitations des utilisateurs. Cet appareil doit aussi être polyvalent pour être utilisable à la fois dans les milieux médicaux pour la rééducation de muscles et dans les centres d'entraînement sportif pour la musculation.

Selon un premier mode d'exécution préféré, le procédé de commande, selon l'invention, d'un appareil

comprenant un élément d'exercice déplacé par un utilisateur, un dispositif moteur contrôlant le mouvement de l'élément d'exercice, des moyens de commandes pilotant le dispositif moteur selon une séquence prédéterminée, se caractérise en ce qu'il comprend un cycle qui consiste à provoquer lors du déplacement de l'élément d'exercice selon la séquence prédéterminée initiale un brusque retour compris entre 0,1 et 5 degré de l'élément d'exercice dans le sens opposé à la force exercée par l'utilisateur causant une augmentation de la force, puis à poursuivre le déplacement de l'élément selon la séquence prédéterminée.

Selon un second mode d'exécution préféré, le procédé de commande comprend un cycle qui consiste à provoquer lors du déplacement de l'élément d'exercice selon la séquence prédéterminée initiale une brusque avancée comprise entre 0,1 et 5 degré de l'élément devant la force exercée par l'utilisateur causant un affaiblissement de la force, à provoquer ensuite un brusque retour compris entre 0,1 et 5 degré de l'élément dans le sens opposé à la force exercée par l'utilisateur causant une augmentation de la force, puis à poursuivre le déplacement de l'élément selon la séquence de déplacement initiale.

Avantageusement, ce cycle est répété plusieurs fois tout au long ou en des parties distinctes seulement de la séquence de déplacement initiale. De préférence, ce cycle est répété à une fréquence comprise entre 1 et 100 hertz.

Suivant une forme de réalisation de l'invention, l'appareil d'exercice physique comprend une barre d'exercice dont l'une des extrémités est montée en rotation sur un châssis et l'autre extrémité est déplacée par l'utilisateur, un vérin hydraulique contrôlant le mouvement de la barre en lui appliquant une force en contre-réaction à celle appliquée par l'utilisateur et qui est piloté par une valve hydraulique régulant la circulation de fluide hydraulique, et des moyens électroniques et informatiques de commande de la valve pilote du vérin selon une séquence déterminée à partir du résultat de la comparaison à chaque instant ou pour chaque position de la barre d'exercice telle que lue par un décodeur entre d'une part la vitesse instantanée de cette barre et/ou la force qui lui est effectivement exercée telle que lue par un capteur de force et, d'autre part, des valeurs optimales de ces grandeurs préalablement mémorisées dans les moyens informatiques. Cet appareil se caractérise en ce que la valve pilotant le vérin est une servo-valve essentiellement constituée de trois sections :

- un dispositif de commande comprenant un inducteur agissant sur un induit solidaire du carter de la servo-valve par un tube flexible et à partir duquel se prolonge vers le bas un levier de pilotage coaxial au tube,
- un piston de distribution mettant en communication les lignes hydrauliques par des rainures externes,
- un amplificateur hydraulique comprenant les deux côtés du piston, deux conduits traversés par un courant de fluide hydraulique sous pression et reliant ces côtés à une chambre dans laquelle les conduits débouchent par deux orifices opposés et l'extrémité du levier de pilotage arrivant dans la chambre entre les deux orifices.

De préférence, le capteur de force est localisé sur la barre d'exercice en l'extrémité déplacée par l'utilisateur et il permet de mesurer la force exercée de manière concentrique et excentrique.

Utilement, le signal de commande de la servo-valve se présente sous la forme d'un signal alternatif carré de fréquence constante dont la largeur de l'alternance positive est modulée en fonction de la commande à transmettre.

Selon un mode d'exécution, le procédé de commande pour l'appareil décrit précédemment fait que, pour chaque position successive de la barre, celle-ci poursuit son mouvement si et seulement si la force exercée sur la barre est inférieure à une valeur comprise entre 0,1 et 50 daN préalablement mémorisée pour la position.

Selon un autre mode d'exécution avantageux, le procédé de commande pour l'appareil décrit précédemment fait que la barre poursuit son mouvement si et seulement si la force exercée sur ladite barre par l'utilisateur est inférieure à une valeur comprise entre zéro et la résultante sur un capteur de force du poids du membre employé pour déplacer la barre, valeur préalablement mémorisée.

Selon une autre forme d'exécution préférentielle, le procédé de commande pour l'appareil de commande décrit précédemment fait que la barre d'exercice poursuit son mouvement si et seulement si la force exercée sur la barre par l'utilisateur est inférieure à une valeur préalablement mémorisée correspondant au seuil de douleur.

L'invention sera mieux comprise à l'étude d'un mode de réalisation d'un appareil d'exercices des muscles jambiers pris à titre d'exemple nullement limitatif et décrit par les figures suivantes:

- la figure 1 est une vue en perspective d'une réalisation pour le travail des muscles jambiers,
- la figure 2 est un schéma de principe de la cinématique de l'appareil,
- la figure 3 est un schéma de principe de la commande électronique,
- la figure 4 est un schéma du groupe hydraulique commandé par les moyens électroniques et pilotant le vérin hydraulique de la figure 1, et
- la figure 5 présente l'organigramme de la logique de contrôle de l'appareil.

En référence à la figure 1, le châssis de l'appareil d'exercices comprend un siège 50 réglable dans le plan horizontal, un dossier 55 réglable en inclinaison, deux poignées latérales 56 que l'utilisateur agrippe pour se maintenir et une jambe métallique se projetant vers l'avant.

La jambe métallique est constituée d'une barre fixe 70 légèrement oblique vers le haut et à l'extrémité de laquelle est monté en rotation par un axe 140 un levier 100. Ce levier 100 est animé par un vérin 120 sous-jacent et parallèle à la barre 70. L'utilisateur cèle ses pieds dans deux patins 160 montés à l'extrémité du levier 100.

Le siège réglable 50 permet à l'utilisateur de faire coïncider son axe articulaire avec l'axe mécanique 140.

Un clavier 320 et un écran de visualisation 310 sont montés sur un bras latéral vertical et offre la possibilité à l'utilisateur de réagir en permanence avec l'appareil, c'est-à-dire de visualiser les efforts accomplis et de répondre aux questions de l'appareil.

Tel que représenté sur la figure 2, le vérin 120 comprend un piston intérieur 130 relié à un axe 110 solidaire en rotation avec le levier 100. Selon que le liquide hydraulique arrive sur la ligne A ou sur la ligne B, le piston imprime au levier 100 un mouvement concentrique ou excentrique respectivement. Ces lignes A et B sont reliées au travers d'une servo-valve à un groupe hydraulique représenté sur la figure 4.

L'angle de déplacement du levier 100 est lu par un codeur 150 qui peut être au choix soit un simple potentiomètre sans fin ou un système plus complexe mais plus précis comprenant une cellule photoélectrique disposée devant un disque gradué. Le signal représentatif de l'angle de déplacement du levier est appliqué sur la ligne theta. Le débattement maximum de ce levier est de 135 degré, et il est généralement ramené lors de la programmation des moyens électroniques à une amplitude de mouvement de l'ordre de 100 degré.

Des capteurs de force, de préférence des jauges de contraintes, sont montés à la fois dans les patins inférieurs et supérieurs 160 qui bloquent le pied, ce qui permet de mesurer aussi bien la force exercée de manière concentrique qu'excentrique. Le signal représentatif de cette force est appliqué sur la ligne F. Les lignes theta et F sont reliées aux moyens électroniques de commande représentés sur la figure 3.

Ces moyens de commande électroniques et informatiques comprennent un microprocesseur 200, un étage d'amplification en option 400 et un microordinateur 300.

Le microprocesseur comprend, rattaché à une ligne omnibus 230, un processeur 240 incluant une unité logique reliée à des registres et à une unité de mémoire 260 au travers d'un contrôleur de mémoire 250, un chien de garde 285, un convertisseur analogue/numérique 220 recevant les valeurs de force F et de déplacement theta en série après le multiplexeur 210, une interface de sortie 290 à modulation par la largeur de l'impulsion et, enfin, une interface série 280 en relation avec le générateur d'impulsions 270 et permettant au travers d'une ligne RS-232-C des communications avec le microordinateur 300 muni lui-même d'une carte interface série correspondante 340.

L'utilisateur peut communiquer avec le microordinateur 300 grâce à l'écran de visualisation 310 et au clavier 320 cités précédemment.

La logique de l'appareil d'exercices physiques décrite plus tard en référence à la figure 5 est d'abord rédigée à l'aide du microordinateur 300, puis elle est transférée au travers de la liaison RS-232-C, de la ligne omnibus 230, de l'unité logique 240 et du contrôleur de mémoire 250 à l'intérieur de la mémoire 260. Cette logique est caractéristique d'une cinématique donnée : soit un appareil pour exercer les jambes ou

pour exercer les bras ou adapté pour exercer une autre partie du corps.

La première phase de l'utilisation de l'appareil correspondant à l'établissement des différents paramètres de l'exercice fait essentiellement intervenir le microordinateur 300 où sont préalablement mémorisés les paramètres correspondants à des exercices types. Eventuellement, selon le choix effectué par l'utilisateur, le microordinateur est amené à solliciter le microprocesseur 200, lors d'un pré-enregistrement des possibilités physiques de cet utilisateur par exemple. Lors de cette phase initiale, le microordinateur procède, au fur et à mesure des options prises par l'utilisateur, à l'établissement de divers paramètres tels que le tableau indiquant les valeurs des forces de contre-réaction à exercer par l'appareil en fonction de la position angulaire du levier et/ou la durée d'un mouvement et/ou la répétition d'un mouvement. Le microordinateur procède aussi à l'élaboration d'exercices complexes enchaînant par exemple, une portion isométrique puis isotonique terminée par un mouvement conduit. A la fin de cette phase d'initialisation, ces différents paramètres sont transférés dans une section de la mémoire 260 et le commandement de la suite des opérations relatives à l'exercice est transféré au microprocesseur 200.

De part sa rapidité d'exécution des étapes du programme pré-mémorisé, le microprocesseur peut comparer de manière quasi instantanée les informations en force et en déplacement reçues sur les lignes F et theta avec les paramètres mis en mémoire pour produire un signal s de commande du vérin hydraulique. Un chien de garde 285 vérifie en permanence que la centrale de calcul 240 est toujours en activité auquel cas il réinitialise le programme du microprocesseur au début. Cette sécurité est nécessaire pour éviter que l'appareil ne réalise des mouvements désordonnés suite à une détérioration de la partie électronique. De par le choix de la servo-valve qui va être décrite en référence à la figure 4, le signal de commande s se présente sous la forme d'un signal alternatif carré de fréquence constante dont la largeur de l'alternance positive est modulée en fonction de la commande à transmettre.

Selon les caractéristiques de la servo-valve, on peut soit utiliser le signal s pour la commander, soit on a besoin d'utiliser une carte 400 d'adaptation d'impédance qui comprend un amplificateur opérationnel 410 relié à deux transistors complémentaires 420 et 430 montés symétriquement en collecteur commun, et qui amplifie en intensité s en un signal S.

La figure 4 présente le groupe hydraulique alimentant le vérin 120 de la figure 2. Il comprend un réservoir 600 de fluide hydraulique 601, normalement de l'huile, une pompe 602 alimentant par une ligne E une servo-valve 605 qui délivre selon la position du piston de distribution 650 le fluide hydraulique à haute pression soit sur la ligne A ou sur la ligne B. Le fluide venant en retour sur l'autre ligne est dirigé par le même piston 650 sur la ligne de retour R. Sur la ligne S est appliqué le signal de commande établi par les moyens électroniques et informatiques décrits en référence à la figure 3.

Cette ligne S est reliée à un inducteur 610. Dans la servo-valve 605, un induit 620 est maintenu au milieu de l'inducteur 610 par un tube flexible 615 et il est muni en sa partie inférieure d'un levier de pilotage 630 coaxial au tube flexible 615. Ce levier de pilotage se poursuit jusqu'à l'intérieur du piston 650, où il est mobile à l'intérieur d'une chambre taillée dans ce piston. Cette chambre est reliée à chacun des côtés du piston par deux canaux inverseurs 653 et 655 qui débouchent dans cette chambre par les orifices 652 et 654 respectivement. Sur le pourtour du piston 650 sont taillées deux rainures profondes 658 et 659 de communication. Le piston 650 tel qu'il est représenté sur la figure 4 est dans une position médiane de telle sorte qu'aucune ligne A, B ou E, R ne soient reliées entre elles.

Telle que décrite précédemment, la servo-valve fonctionne de la manière suivante : la position de l'induit 620 est ajustée par la vis 640 et le ressort 642 de telle sorte que, tenu par le tube 615, cet induit se situe exactement au milieu de l'inducteur, donc que l'extrémité du levier de pilotage 630 soit en une position médiane entre les orifices 652 et 654. Le fluide sous pression arrive sur la ligne E et, en passant au travers du filtre 656 se dirige au travers de conduits taillés dans le carter de la valve vers les deux côtés respectifs du piston 650. Le fluide poursuit sa progression à l'intérieur des conduits 653 et 655 débouchant par les orifices 652 et 654 dans la chambre intérieure d'où il quitte la servo-valve sur la ligne R. De par l'évidement à l'intérieur du piston 650, le canal inverseur gauche 653 a une longueur identique au canal droit 655. Tant que le levier de commande 630 est à une position médiane entre les orifices 652 et 654, la pression exercée par le fluide sur chacun des côtés du piston est identique, le piston reste immobile, les lignes A et B restent fermées et le piston 130 du vérin ne se déplace pas.

L'inducteur 620 se déplace vers la droite lorsque le signal S est positif, dans l'autre sens lorsque le signal S est négatif. Initialement, les deux alternances positives et négatives constituant le signal S alternatif carré sont de largeur égale. L'induit 620 vibre donc autour de sa position centrale.

Lors d'une alternance positive de S, l'inducteur 610 déplace vers la droite l'induit 620. Il s'ensuit par conséquence un déplacement vers la gauche du levier de commande 630 ce qui obstrue l'orifice 652. La pression hydraulique augmente légèrement dans le conduit 655 et sur le côté droit du piston qui commence à se déplacer vers la gauche jusqu'à ce que ce levier de commande 630 soit à nouveau en une position intermédiaire entre les deux orifices. A l'inverse, lors d'une alternance négative de S, l'inducteur 610 déplace l'induit vers la gauche, donc le piston 650 vers la droite.

Ainsi, la vibration de l'induit 620 provoque aussi une vibration équivalente du piston 650 ce qui annule en permanence la composante statique, toujours désavantageuse, des forces de frottement s'exerçant entre le piston et le cylindre.

Si maintenant, la largeur de l'alternance positive de S augmente par rapport à l'alternance négative, alors l'induit oscille toujours, mais autour d'une position décalée vers la droite. Le piston oscille alors autour d'une position décalée vers la gauche et la rainure de communication 659 relie la ligne E à la ligne B, la rainure 658 relie la ligne A à la ligne R et le piston 130 du vérin avance. A l'inverse, si la largeur de l'alternance positive de S diminue, alors l'induit 620 oscille autour d'une position décalée vers la gauche, le piston oscille autour d'une position décalée vers la droite, ce qui met en communication la ligne E avec la ligne A ainsi que la ligne B avec la ligne de retour R. l'axe 110 du vérin hydraulique se rétracte.

En d'autres termes, la servo-valve 605 est essentiellement constituée de trois sections : un dispositif de commande, un amplificateur hydraulique et un piston de distribution 650. Le dispositif de commande comprend un inducteur 610 agissant sur un induit 620 solidaire du carter de la servo-valve 605 par un tube flexible 615 et à partir duquel se prolonge vers le bas un levier de pilotage 630 coaxial au tube 615. Ce dispositif de commande convertit un signal électrique continu en un pivotement du levier de pilotage. L'amplificateur hydraulique comprend les deux côtés du piston 650, les conduits 653 et 655 reliant ces côtés à une chambre interne du piston dans laquelle ces conduits débouchent par deux orifices opposés 652 et 654, et l'extrémité du levier de pilotage 630 arrivant dans la chambre interne entre les deux orifices 652 et 654. Le piston de distribution 650 est déplacé par les pressions hydrauliques apparaissant sur ses côtés en fonction de la position de l'extrémité du levier de pilotage 630 par rapport aux orifices 652 et 654 et met en communication les lignes hydrauliques E,R et A,B de par ses rainures 658 et 659.

On peut ainsi constater que cette servo-valve convertit un signal électrique de faible puissance (environ 1,5 W) en un signal hydraulique de sortie de grande puissance. Grâce à des caractéristiques dynamiques très favorables (temps de réponse inférieur à 6 ms), cette valve permet de contrôler efficacement des cycles très rapides. De plus, il y a proportionnalité entre la variation de la largeur de l'alternance positive du signal d'entrée inductif et l'ouverture de la valve, soit le débit de fluide hydraulique délivré au vérin ce qui permet de contrôler la vitesse de déplacement de l'axe 110 du vérin, donc du levier 100.

En combinant ces possibilités particulières des servo-valves à des capteurs de force de haute précision situés de préférence sur les patins 160, alors il est seulement possible de demander à l'appareil de réaliser des mouvements fins, précis tout en réagissant immédiatement au comportement de l'utilisateur.

La manière dont l'appareil fonctionne peut être mieux comprise en se reportant à l'organigramme de la figure 5. En général un exercice comprend une première phase de choix parmi diverses options proposées par la logique résidant dans le microordinateur de l'appareil et une deuxième phase de travail proprement dite sous le contrôle principal du microprocesseur.

Une fois installé dans le fauteuil, l'utilisateur actionne un bouton marche/arrêt, si cela n'a pas été déjà fait, ce qui initialise le groupe hydraulique et aussi les moyens électroniques et informatiques par l'accomplissement de sous-programmes d'initialisation caractéristiques du microprocesseur utilisé. Sous la commande du programme résidant dans le microordinateur, l'appareil propose un premier choix correspondant à la case 10 entre des mouvements concentriques et/ou excentriques. Puis l'appareil demande de définir l'amplitude du mouvement en précisant un angle de départ X compris entre 0 et 135 degré et un angle final Y compris entre X et 135 degré. Une confirmation des réponses est exigée par l'appareil. Ceci correspond à la case 20 de l'organigramme.

L'utilisateur se voit ensuite proposer l'option de l'excitation de l'innervation gamma (case 25). Dans le cas positif, il doit de plus définir le type d'excitation et les zones lors du déplacement du levier au cours desquelles il souhaite que cette excitation soit effectuée (case 26). Cette option consiste à superposer sur la courbe définissant la force à appliquer en fonction du déplacement du levier une série d'impulsions de

courte durée et d'amplitude réglable.

Un premier type d'impulsion consiste en un mouvement d'amplitude restreinte, de l'ordre de 0,3 degré, du levier en sens inverse du mouvement initial.

Un deuxième type d'impulsion provoque lors du déplacement du bras une brusque avance du bras devant la force exercée d'environ 1 degré ce qui décontracte le muscle, suivi immédiatement d'un brusque retour en arrière du bras d'environ 0,5 degré contre la force, ce qui crée une contraction brève du muscle et enfin un retour à la courbe normale.

Ces impulsions peuvent être individuelles ou, de préférence, répétées à une fréquence comprise entre 10 et 100 hertz.

Puis l'appareil propose un menu de différents exercices correspondant sur l'organigramme aux cases 31 à 38. L'utilisateur répond par le numéro correspondant dans le menu à l'exercice à choisir entre : isométrique 31, mouvement conduit 32, mouvement assisté 33, étirement 34, échauffement 35 correspondant à des exercices à charge constante, exercices dynamiques 36 et des combinaisons de mouvements prédéfinies dans les cases 37 et au-delà.

Lorsque l'utilisateur a opté pour un mouvement isométrique, l'appareil lui demande de définir l'une ou les différentes positions où il désire que la machine s'arrête pour y effectuer une contraction isométrique (case 41), ainsi que la durée de ces arrêts à choisir entre 3 et 20 secondes (case 51). Après avoir validé ces options, le commandement de l'appareil passe au microprocesseur et le levier 110 se dirige vers le premier point d'exercice où l'utilisateur applique un effort sur ce levier (case 61). Les résultats de cet effort tels que mesurés par les capteurs de force situés dans les butées 160 sont affichés sur l'écran de visualisation 310 (case 71). Puis l'appareil vérifie si une nouvelle position a été demandée (case 81) et dans le cas positif, (option 1) déplace le levier en la deuxième position et s'apprête à mesurer l'effort exercé en ce point par l'utilisateur (case 61 bis). Ce cycle est répété à chaque position déterminée précédemment (case 41). Une fois toutes les positions accomplies, l'appareil s'arrête (case 91) ou revient au menu initial.

Lorsque l'utilisateur a opté pour un mouvement conduit (case 32), l'appareil lui demande la force maximum F_0 avec laquelle elle est autorisée à déplacer le membre (case 42). Le commandement passe alors au microprocesseur et l'appareil commence le déplacement de ce membre à partir de la position initiale X (case 52). Pour chaque unité de déplacement parcourue, l'appareil détermine s'il n'est pas arrivé en fin de course (question 62) auquel cas elle s'arrête (option 1), sinon il mesure la force F exercée par le membre sur le capteur de force (case 72). Si cette force F vient à dépasser la force F_0 prédéterminée, donc que le membre présente une raideur (option b) elle arrête immédiatement ce mouvement ; sinon elle poursuit ce déplacement (option a). On comprend donc que, en suivant cette séquence de commande, l'appareil va conduire le membre en déplacement tant qu'une raideur de la part de l'utilisateur n'apparaît pas.

Si l'utilisateur a opté pour un mouvement assisté (case 33), l'appareil commence par effectuer une mesure du poids du membre de l'utilisateur tel que vu par le capteur de force (case 43), puis demande à l'utilisateur ou au rééducateur d'entrer une force de référence F_0 comprise entre zéro et le poids mesuré précédemment (case 53). L'appareil peut aussi être programmé de telle sorte qu'il déplace le levier à vitesse lente tout en effectuant une mesure en chacun des angles de déplacement du levier de la résultante du poids de ce membre telle que lue par le capteur de force (case 43). Une seconde courbe de valeur de force de référence F_0 en fonction du déplacement angulaire est ensuite introduite (case 53).

Le commandement de l'appareil passe alors au microprocesseur et l'utilisateur est alors invité à déplacer de par lui-même son membre. Une mesure de la force F instantanée est réalisée (case 63). Si la force F est inférieure à la force de référence F_0 , soit l'option e correspondant au fait que l'utilisateur parvient à alléger le poids de son membre sur le levier voir annuler complètement l'appui qu'il exerce sur ce levier en déplaçant tout seul son membre, alors le levier se déplace pour suivre le membre (case 83). Si la tentative de mouvement se traduit par un allègement insuffisant, c'est-à-dire que la force F lue par le capteur est supérieure à F_0 , alors le levier reste immobile en attente (option c). Enfin, si à la suite d'un découragement l'utilisateur laisse son membre reposer complètement sur le levier, ce qui se traduit par la lecture d'une force F égale ou éventuellement supérieure à la valeur de la résultante du poids mesuré précédemment, alors l'exercice se transforme automatiquement en un mouvement conduit (option d).

Il apparaît de manière évidente que le choix d'une valeur presque nulle pour F_0 correspond à l'intention de l'utilisateur de déplacer son membre sans assistance. A l'inverse, le choix pour F_0 d'une valeur proche du poids du membre correspond à l'intention de l'utilisateur de ne fournir qu'un très faible effort pour passer éventuellement rapidement à un seul mouvement conduit. La stimulation de l'innervation gamma associée à cet exercice permet de meilleurs résultats.

Un exercice d'étirement consiste à amener le membre vers une position limite de l'amplitude articulaire, et à forcer le mouvement du membre au-delà de ce point de raideur sans toutefois excéder un seuil de douleur préétablie. Au début de cette option 34, une force F_0 de référence que ne doit pas dépasser la machine lors de l'étirement est choisie par l'utilisateur ou le rééducateur. Une durée D de l'étirement est aussi indiquée à l'appareil (case 44).

Le commandement de l'appareil passe au microprocesseur et le levier 110 commence à se déplacer vers la position extrême Y tout en mesurant au fur et à mesure la force F appliquée sur le capteur (case 54). Si cette force F reste inférieure à la force F_0 indiquée précédemment (option f), le levier continue son déplacement vers la position extrême. Ce cycle se répète tant que le levier n'a pas atteint, voire dépassé, la position de raideur donc que la force F reste inférieure à la force F_0 de référence.

Lorsque le point de douleur maximal autorisé est atteint, l'utilisateur exerce naturellement sur le levier une force F au moins égale à F_0 (option g). L'appareil immobilise alors le levier 110 (case 74) et maintient cette position pendant une durée D indiquée précédemment (case 84), puis revient en arrière pour relâcher l'étirement (case 94). Si pour une raison ou pour une autre l'utilisateur vient à contracter le muscle de son membre lors du déplacement du levier, donc imprime sur le capteur une force F supérieure à F_0 , (option h) alors le levier s'arrête et revient automatiquement en arrière (case 94). A ce stade l'appareil est disponible pour un nouveau choix d'exercice (case 104).

L'option 35 correspond à des exercices à charge constante utilisés couramment pour échauffer les muscles avant des exercices plus sophistiqués. Après avoir entré la force F_0 contre-résistante (case 45) et le nombre de répétitions I (case 55), le commandement de l'appareil est transféré au microprocesseur qui déplace lentement le levier à la position X de départ. L'utilisateur est alors invité à déplacer le levier avec une force égale à F_0 (case 65, 75 et 85, option i, j). Lorsque le levier arrive en fin de course (option k à la sortie de la case 95), le levier revient en arrière à vitesse constante lente (case 105), le compteur de répétition p est augmenté d'une unité (case 115), la nouvelle valeur p est comparée à I (case 125). Tant que cette valeur p est inférieure à I (option m), l'utilisateur est invité à recommencer le mouvement (retour à la case 65), sinon l'exercice s'arrête (case 135). Cet exercice étant réalisé à force constante, la vitesse de déplacement du levier varie en fonction de la puissance développée par l'utilisateur.

Lorsque l'utilisateur a opté pour des exercices dynamiques (option 36), l'appareil lui demande d'abord s'il souhaite effectuer ces exercices en mode direct ou en opposition, c'est-à-dire imprimer un mouvement en appliquant une force de déplacement au levier ou s'opposer à un mouvement du levier (case 46).

Puis l'appareil, toujours sous le contrôle du microordinateur, passe en mode d'acquisition et d'enregistrement : le bras quitte sa position neutre pour s'arrêter à la position de départ X . Un message apparaît alors invitant l'utilisateur à produire son effort maximum. Après un court temps d'immobilisation, le bras se met en mouvement à vitesse constante, par exemple 75 degré/seconde, et l'appareil mémorise les valeurs données par le capteur de force tout au long de la course du levier. Une courbe de la force développée en fonction du déplacement angulaire du levier apparaît sur l'écran de visualisation 310 (case 66). Du fait que cette courbe a été enregistrée à vitesse constante, elle représente aussi la puissance développée par l'utilisateur en chacun des points.

En la case 67, il est demandé à l'utilisateur s'il veut effectuer des corrections sur cette courbe ou non. Dans l'affirmative (option 1), la courbe mémorisée est comparée à une courbe type dont le choix est proposé. Des recherches médicales récentes dans ce domaine tendent à prouver que ces courbes types sont différentes selon que l'utilisateur pratique intensivement un sport. La comparaison de ces courbes a pour but de générer une nouvelle courbe représentant les variations de la valeur de consigne F_0 en fonction du déplacement du bras. Pour ce faire, la logique résidant dans le microordinateur détermine automatiquement la force minimum F_{min} exercée entre la position angulaire égale à 50 et 90 degré. Puis la courbe type retenue, soit standard soit correspondant à un sportif déterminé, est ajustée en fonction de cette valeur minimale F_{min} augmentée ou diminuée d'un pourcentage choisi. Enfin, d'ultimes corrections peuvent être appliquées sur toute ou sur des portions choisies de la courbe (case 86).

La commande de l'exercice est alors transférée au microprocesseur, et l'utilisateur est invité à déplacer le bras. En tout point du déplacement, une comparaison est faite entre la mesure de la force F telle que lue par le capteur et la valeur de consigne correspondant à ce point (case 116). Si la force F instantanée est inférieure à F_0 , le levier reste immobile (option 0 à la sortie de la case 116). Dans l'autre cas le vérin se déplace de telle sorte que la puissance développée reste identique à la puissance enregistrée (case 136). En d'autres termes, si l'utilisateur développe en chaque position angulaire du levier une force identique à celle développée lors de l'enregistrement, le levier se déplace à vitesse constante, sinon cette vitesse augmente ou diminue de telle sorte que la valeur de la force appliquée revienne à celle de la courbe prédéterminée.

Une fois arrivé en fin de course (case 146), le bras revient en position de départ à vitesse constante si seul un exercice concentrique ou excentrique a été demandé en 10, ou l'exercice se répète en montée et en descente. Un test est effectué pour arrêter l'exercice lorsque le nombre de répétitions correspond à celui requis (case 156 à 186).

Les options 37 et les suivantes correspondent à des exercices combinant les exercices élémentaires décrit précédemment. A titre d'exemple, l'option 37 peut correspondre à une technique dite "contracté-relâché" dans laquelle le muscle est étiré jusqu'à un seuil douloureux de manière analogue à l'option 34, puis une contraction statique est demandée pour une période d'environ 6 secondes avec affichage des résultats de manière analogue à l'option 31, puis l'utilisateur effectue un relâchement musculaire et l'appareil poursuit un étirement additionnel.

Décrite dans le cadre d'un appareil d'exercice pour les muscles jambiers, les principes selon l'invention peuvent s'appliquer avec peu de modifications à un appareil exerçant les deux jambes séparément, voire même, à des appareils pour l'exercice des bras ou pour des appareils d'exercices concernant d'autres groupes musculaires.

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

MULTIFUNCTIONAL PHYSICAL EXERCISING APPARATUS AND PROCESS FOR CONTROLLING IT

Claims of EP0329748

1. Procédé de commande d'un appareil d'exercices physiques comprenant un élément d'exercice déplacé par un utilisateur, un dispositif moteur contrôlant le mouvement de l'élément d'exercice en lui appliquant une force en contre-réaction à celle appliquée par l'utilisateur, des moyens de commande pilotant le dispositif moteur selon une séquence prédéterminée associant à chaque position atteinte successivement par l'élément d'exercice une valeur de vitesse de déplacement et/ou une valeur de force de contre-réaction, caractérisé en ce qu'il comprend un cycle qui consiste à provoquer lors du déplacement de l'élément d'exercice selon la séquence prédéterminée initiale un brusque retour compris entre 0,1 et 5 degrés de l'élément d'exercice dans le sens opposé à la force exercée par l'utilisateur causant une augmentation de la force, puis à poursuivre le déplacement de l'élément selon la séquence de déplacement initiale.

2. Procédé de commande d'un appareil d'exercices physiques selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comprend un cycle qui consiste à provoquer lors du déplacement de l'élément d'exercice selon la séquence prédéterminée initiale une brusque avancée comprise entre 0,1 et 5 degrés de l'élément devant la force exercée par l'utilisateur causant un affaiblissement de la force, à provoquer ensuite un brusque retour compris entre 0,1 et 5 degrés de l'élément dans le sens opposé à la force exercée par l'utilisateur causant une augmentation de la force, puis à poursuivre le déplacement de l'élément selon la séquence de déplacement initiale.

3. Procédé de commande d'un appareil d'exercices physiques selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que le cycle est répété plusieurs fois tout au long de la séquence de déplacement de l'élément d'exercice ou sur une ou plusieurs parties distinctes de la séquence.

4. Procédé de commande d'un appareil d'exercices physiques selon la revendication 3, caractérisé en ce que le cycle est répété à une fréquence comprise entre 1 et 100 hertz.

5. Appareil pour la mise en oeuvre du procédé selon la revendication 1, comprenant une barre d'exercice dont l'une des extrémités est montée en rotation sur un châssis et l'autre extrémité est déplacée par l'utilisateur, un vérin hydraulique contrôlant le mouvement de la barre en lui appliquant une force en contre-réaction à celle appliquée par l'utilisateur et qui est piloté par une valve hydraulique régulant la circulation de fluide hydraulique, et des moyens électroniques et informatiques de commande de la valve pilote du vérin selon une séquence déterminée à partir du résultat de la comparaison à chaque instant ou pour chaque position de la barre d'exercice telle que lue par un décodeur entre d'une part la vitesse instantanée de cette barre et/ou la force qui lui est effectivement exercée telle que lue par un capteur de force et d'autre part des valeurs optimales de ces grandeurs préalablement mémorisées dans les moyens informatiques, caractérisé en ce que la valve pilotant le vérin est une servo-valve essentiellement constituée de trois sections ::

- un dispositif de commande comprenant un inducteur (610) agissant sur un induit (620) solidaire du carter de la servo-valve (605) par un tube flexible (615) et à partir duquel se prolonge vers le bas un levier de pilotage (630) coaxial au tube (615),
- un piston de distribution (650) mettant en communication les lignes hydrauliques par des rainures externes (658,659),
- un amplificateur hydraulique comprenant les deux côtés du piston (650), deux conduits (653,655) traversés par un courant de fluide hydraulique sous pression reliant ces côtés à une chambre dans laquelle les conduits (653,655) débouchent par deux orifices opposés (652,654), et l'extrémité du levier de pilotage (630) arrivant dans la chambre entre les deux orifices.

6. Appareil selon la revendication 5, caractérisé en ce que le capteur de force est localisé sur la barre d'exercice en l'extrémité déplacée par l'utilisateur.

7. Appareil selon la revendication 6, caractérisé en ce que le capteur de force permet de mesurer la force exercée de manière concentrique ou excentrique par l'utilisateur.

8. Appareil selon la revendication 5, caractérisé en ce que le signal de commande (S) de la servo-valve (605) se présente sous la forme d'un signal alternatif carré de fréquence constante dont la largeur de l'alternance positive est modulée en fonction de la commande à transmettre.

9. Appareil selon la revendication 8, caractérisé en ce que, pour chaque position successive de la barre, celle-ci poursuit son mouvement si et seulement si la force exercée sur la barre par l'utilisateur est inférieure à une valeur de cette force comprise entre 0,1 et 50 daN, préalablement mémorisée pour la position.

10. Appareil selon la revendication 8, caractérisé en ce que la barre d'exercice poursuit son mouvement si et seulement si la force exercée sur la barre par l'utilisateur est inférieure à une valeur préalablement mémorisée comprise entre zéro et la résultante sur un capteur de force du poids du membre employé par l'utilisateur pour déplacer la barre.

11. Appareil selon la revendication 8, caractérisé en ce que la barre d'exercice poursuit son mouvement si et seulement si la force exercée sur la barre par l'utilisateur est inférieure à une valeur préalablement mémorisée correspondant à un seuil de douleur.

Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide